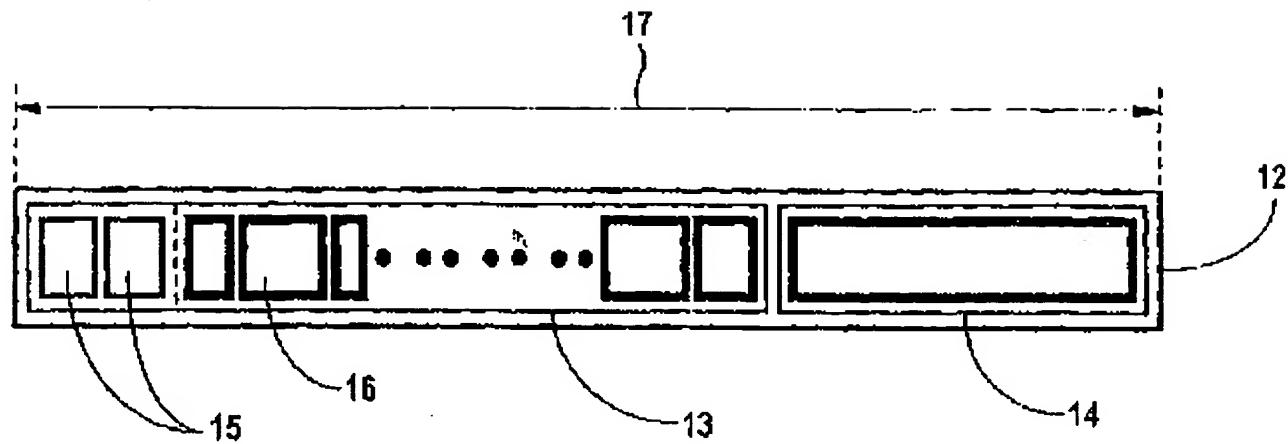


AN: PAT 2003-066596  
TI: Method for parallel transmission of real-time critical and non-real-time critical data via switched networks such as the Ethernet, for distributed automation system used in industrial systems, e.g. drive engineering  
PN: US2002064157-A1  
PD: 30.05.2002  
AB: NOVELTY - The method provides both for a real-time-critical communication and a non-real-time-critical communication in a switched data network consisting of users and switching units, for example a distributed automation system, by means of a cyclic operation. In a so-called transmission cycle (12), there exists for all users and switching units of the switched data network in each case at least one first subsection (13) for transmitting real-time-critical data and at least one second subsection (14) for transmitting non-real-time-critical data, as a result of which the real-time-critical communication is separated from the non-real-time-critical communication.  
DETAILED DESCRIPTION - Since all users and switching units are always synchronized to a common time base, the respective sections for transmitting data in each case take place at the same time for all users and switching units, i.e. the real-time-critical communication takes place independently in time from the non-real-time-critical communication and is, therefore, not influenced by the latter. INDEPENDENT CLAIMS are included for a system for transmitting data via switched data networks in the field of industrial systems; and a user for the above method and system that exhibits at least one means for transmitting real-time critical data and non-real-time critical data.; USE - For parallel transmission of real-time critical and non-real-time critical data via switched networks such as the Ethernet, e.g. for distributed automation system used in industrial systems, e.g. drive engineering. ADVANTAGE - Enables mixed operation of real-time critical and non-real-time critical data communication, especially Internet or Intranet-based data communication, in the same data network. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows the basic structure of the transmission cycle. Transmission cycle 12 Real-time critical data transmission section 13 Non-real-time critical data transmission section 14 Data for organizing data transmission 15 Data telegrams 16 Transmission cycle absolute period 17  
PA: (KRAU//) KRAUSE K; (SIEI ) SIEMENS AG;  
IN: KRAUSE K;  
FA: US2002064157-A1 30.05.2002; WO200243336-A1 30.05.2002;  
**DE10058524-A1** 13.06.2002;  
CO: AT; BE; CH; CN; CY; DE; DK; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT; JP;  
LU; MC; NL; PT; SE; TR; US; WO;  
DN: CN; JP; US;  
DR: AT; BE; CH; CY; DE; DK; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT; LU; MC;  
NL; PT; SE; TR;  
IC: G06F-013/38; G08C-019/00; H04J-001/02; H04L-012/413;  
H04L-012/54; H04L-012/64;  
MC: T01-J07B; T01-N01D; T06-A06A; T06-A07A1; T06-A11;  
W01-A06B5A; W01-A06F1A; W05-D02; W05-D07B; W05-D08C;  
DC: T01; T06; W01; W05;  
FN: 2003066596.gif  
PR: DE1058524 24.11.2000;  
FP: 30.05.2002  
UP: 01.04.2003



2000 P 21891 DE  
als Stadt „IRT“

Zu 2002 P 00335  
2003 QO 4424 DE

(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

(12) Offenlegungsschrift  
(10) DE 100 58 524 A 1

(5) Int. Cl. 7:  
H 04 L 12/413  
H 04 L 12/54  
G 06 F 13/38  
G 08 C 19/00

(21) Aktenzeichen: 100 58 524.8  
(22) Anmeldetag: 24. 11. 2000  
(43) Offenlegungstag: 13. 6. 2002

DE 100 58 524 A 1

(71) Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:  
Krause, Karl-Heinz, 90475 Nürnberg, DE

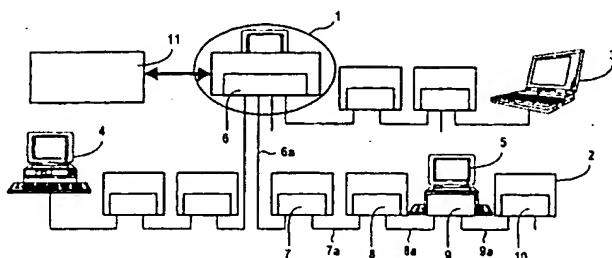
DE 100 58 524 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) System und Verfahren zur parallelen Übertragung von echtzeitkritischen und nicht echtzeitkritischen Daten über schaltbare Datennetze, insbesondere Ethernet

(57) Die Erfindung betrifft ein System und ein Verfahren, das sowohl eine echtzeitkritische als auch eine nicht echtzeitkritische Kommunikation in einem schaltbaren Datenetz, bestehend aus Teilnehmern und Koppeleinheiten, beispielsweise eines verteilten Automatisierungssystems durch einen zyklischen Betrieb ermöglicht. In einem sogenannten Übertragungszyklus (12) existiert für alle Teilnehmer und Koppeleinheiten des schaltbaren Datenetzes jeweils wenigstens ein Bereich (13) zur Übermittlung echtzeitkritischer und wenigstens ein Bereich (14) zur Übermittlung nicht echtzeitkritischer Daten, wodurch die echtzeitkritische von der nicht echtzeitkritischen Kommunikation getrennt wird. Da alle Teilnehmer und Koppeleinheiten immer auf eine gemeinsame Zeitbasis synchronisiert sind, finden die jeweiligen Bereiche zur Übermittlung von Daten für alle Teilnehmer und Koppeleinheiten jeweils zum selben Zeitpunkt statt, d. h. die echtzeitkritische Kommunikation findet zeitgleich unabhängig von der nicht echtzeitkritischen Kommunikation statt und wird deshalb nicht von dieser beeinflusst. Die echtzeitkritische Kommunikation wird im Voraus geplant. Einspeisen der Datentelegramme beim originären Sönder sowie deren Weiterleitung mittels der beteiligten Koppeleinheiten erfolgt zeitbasiert. Durch Zwischenspeicherung in den jeweiligen Koppeleinheiten wird erreicht, dass zu beliebiger Zeit auftretende, spontane, internetfähige, nicht echtzeitkritische Kommunikation in den für die nicht ...



## Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein System und Verfahren zur parallelen Übertragung von echtzeitkritischen und nicht echtzeitkritischen Daten über schaltbare Datennetze, insbesondere Ethernet.

[0002] Datennetze ermöglichen die Kommunikation zwischen mehreren Teilnehmern durch die Vernetzung, also Verbindung der einzelnen Teilnehmer untereinander. Kommunikation bedeutet dabei die Übertragung von Daten zwischen den Teilnehmern. Die zu übertragenden Daten werden dabei als Datentelegramme verschickt, d. h. die Daten werden zu mehreren Paketen zusammengepackt und in dieser Form über das Datennetz an den entsprechenden Empfänger gesendet. Man spricht deshalb auch von Datenpaketen. Der Begriff Übertragung von Daten wird dabei in diesem Dokument völlig synonym zur oben erwähnten Übertragung von Datentelegrammen oder Datenpaketen verwendet. Die Vernetzung selbst wird beispielsweise bei schaltbaren Hochleistungsdatennetzen, insbesondere Ethernet, dadurch gelöst, dass zwischen zwei Teilnehmern jeweils mindestens eine Koppelheit geschaltet ist, die mit beiden Teilnehmern verbunden ist. Jede Koppelheit kann mit mehr als zwei Teilnehmern verbunden sein. Jeder Teilnehmer ist mit mindestens einer Koppelheit, aber nicht direkt mit einem anderen Teilnehmer verbunden. Teilnehmer sind beispielsweise Computer, speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) oder andere Maschinen, die elektronische Daten mit anderen Maschinen austauschen, insbesondere verarbeiten. Im Gegensatz zu Bussystemen, bei denen jeder Teilnehmer jeden anderen Teilnehmer des Datennetzes direkt über den Datenbus erreichen kann, handelt es sich bei den schaltbaren Datennetzen ausschließlich um Punkt-zu-Punkt-Verbindungen, d. h. ein Teilnehmer kann alle anderen Teilnehmer des schaltbaren Datennetzes nur indirekt, durch entsprechende Weiterleitung der zu übertragenden Daten mittels einer oder mehrerer Koppelheiten erreichen.

[0003] In verteilten Automatisierungssystemen, beispielsweise im Bereich Antriebstechnik, müssen bestimmte Daten zu bestimmten Zeiten bei den dafür bestimmten Teilnehmern eintreffen und von den Empfängern verarbeitet werden. Man spricht dabei von echtzeitkritischen Daten bzw. Datenverkehr, da ein nicht rechtzeitiges Eintreffen der Daten am Bestimmungsort zu unerwünschten Resultaten beim Teilnehmer führt. Gemäß IEC 61491, EN 61491 SERCOS interface – Technische Kurzbeschreibung ([http://www.sercos.de/deutsch/index\\_deutsch.htm](http://www.sercos.de/deutsch/index_deutsch.htm)) kann ein erfolgreicher echtzeitkritischer Datenverkehr der genannten Art in verteilten Automatisierungssystemen gewährleistet werden.

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es, ein System und ein Verfahren zur Übertragung von Daten über schaltbare Datennetze, insbesondere Ethernet, anzugeben, das einen Mischbetrieb von echtzeitkritischer und nicht echtzeitkritischer, insbesondere inter- bzw. intranetbasierte Datenkommunikation, im selben Datennetz ermöglicht.

[0005] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Übertragung von Daten über schaltbare Datennetze, insbesondere Ethernet im Bereich industrieller Anlagen, gelöst, bei dem echtzeitkritische und nicht echtzeitkritische Daten übertragen werden, wobei das schaltbare Datennetz zwischen wenigstens zwei Teilnehmern, insbesondere einem Sender und einem Empfänger aufgebaut ist, wobei die Daten in wenigstens einem Übertragungszyklus mit einstellbarer Zeitdauer übertragen werden, jeder Übertragungszyklus in wenigstens einen ersten Bereich zur Übertragung von echtzeitkritischen Daten zur Echtzeitsteuerung und wenigstens einen zweiten Bereich zur Übertragung von nicht echtzeitkritischen Daten unterteilt ist.

[0006] Diese Aufgabe wird durch ein System zur Übertragung von Daten über schaltbare Datennetze, insbesondere Ethernet im Bereich industrieller Anlagen, mit mindestens einer mit einem Datennetz koppelbaren Datenverarbeitungsvorrichtung gelöst, das echtzeitkritische und nicht echtzeitkritische Daten überträgt, wobei das schaltbare Datennetz zwischen wenigstens zwei Teilnehmern, insbesondere einem Sender und einem Empfänger aufgebaut ist, wo-

bei das System Mittel zur Übertragung von Daten in wenigstens einem Übertragungszyklus mit einstellbarer Zeitdauer aufweist, jeder Übertragungszyklus in wenigstens einen ersten Bereich zur Übertragung von echtzeitkritischen Daten zur Echtzeitsteuerung und wenigstens einen zweiten Bereich zur Übertragung von nicht echtzeitkritischen Daten unterteilt ist.

[0007] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass eine offene internetbasierte Kommunikation spontane Kom-

munikation ist, d. h., dass sowohl Zeitpunkt solcherart Kommunikation als auch die anfallende Datenmenge, die dabei zu transferieren ist, nicht vorher bestimmbar ist. Da- durch sind Kollisionen auf den Übertragungsleitungen bei Bussystemen bzw. in den Koppelheiten bei schaltbaren Hochgeschwindigkeitsnetzen, insbesondere Fast Ethernet oder Switched Ethernet, nicht auszuschließen. Um die Vor- teile der Internetkommunikationstechnologie auch bei der Echtzeitkommunikation in schaltbaren Datennetzen im Be- reich der Automatisierungstechnik, insbesondere der An- triebstechnik nutzen zu können, ist ein Mischbetrieb von Echtzeitkommunikation mit sonstiger spontaner, nicht echt- zeitkritischer Kommunikation, insbesondere Internetkom- munikation wünschenswert. Dies wird dadurch möglich, dass die Echtzeitkommunikation, die in den hier betrachte- ten Anwendungsgebieten vorwiegend zyklisch auftritt und somit im Voraus planbar ist; von der im Gegensatz dazu nicht planbaren, nicht echtzeitkritischen Kommunikation, insbesondere der offenen, internetbasierten Kommunikation strikt getrennt wird.

[0008] Die Kommunikation zwischen den Teilnehmern erfolgt dabei in Übertragungszyklen, wobei jeder Übertra- gungszyklus in wenigstens einen ersten Bereich zur Übertragung von echtzeitkritischen Daten zur Echtzeitsteuerung, beispielsweise der dafür vorgesehenen industriellen Anla- gen und wenigstens einen zweiten Bereich zur Übertragung von nicht echtzeitkritischen Daten, beispielsweise bei der offenen, internetsfähigen Kommunikation unterteilt ist. Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dabei dadurch gekennzeichnet, dass jedem Teilnehmer eine Koppelheit zugeordnet ist, die zum Senden und/oder zum Empfangen und/oder zur Weiterleitung der zu übertragen- den Daten vorgesehen ist.

[0009] Eine außerordentlich vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass alle Teilneh- mer und Koppelheiten des schaltbaren Datennetzes durch Zeitsynchronisation untereinander stets eine gemeinsame

Zeitsynchrone Zeitbasis aufweisen. Dies ist Voraussetzung für eine Trennung der planbaren Echtzeitkommunikation von der nicht planbaren, nicht echtzeitkritischen Kommunikation. Die Trennung der planbaren Echtzeitkommunikation und der nicht planbaren, nicht echtzeitkritischen Kommuni- kation wird durch Anwendung des Verfahrens zur Zeitsyn- chronisation gemäß der nicht vorveröffentlichten Anmel- dung DE 100 04 425.5 gewährleistet. Durch permanente Anwendung dieses Verfahrens auch im laufenden Betrieb eines verteilten Automatisierungssystems sind alle Teilnehmer und Koppelheiten des schaltbaren Datennetzes stets auf eine gemeinsame Zeitbasis synchronisiert, was infolge- dessen gleicher Startpunkt und gleiche Länge jedes Übertragungszyklus für alle Teilnehmer und Koppelheiten be-

deutet. Da alle echtzeitkritischen Datenübertragungen durch den zyklischen Betrieb vor der eigentlichen Datenübertragung bekannt sind und deshalb im Voraus geplant werden können, ist sichergestellt, dass für alle Teilnehmer und Koppelheiten die Echtzeitkommunikation so gesteuert werden kann, dass keine Störungen, beispielsweise Kollisionen, bei der Datenübertragung der echtzeitkritischen Datentelegramme selbst auftreten und alle geplanten kritischen Datentransferzeitpunkte exakt eingehalten werden.

[0010] Eine weitere besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass alle nicht echtzeitkritischen Daten, die während des, für die echtzeitkritische Kommunikation vorgesehenen Bereichs eines Übertragungszyklus übertragen werden sollen, von der jeweiligen Koppelheit zwischengespeichert und während des, für die nicht echtzeitkritische Kommunikation vorgesehenen Bereichs dieses oder eines folgenden Übertragungszyklus übertragen werden, d. h. eine im ersten Bereich eines Übertragungszyklus, der für die Echtzeitkommunikation reserviert ist, möglicherweise auftretende, nicht geplante Internetkommunikation wird in den zweiten Bereich des Übertragungszyklus, der für die spontane, nicht echtzeitkritische Kommunikation vorbehalten ist, verschoben, wodurch Störungen der Echtzeitkommunikation vollständig vermieden werden. Die entsprechenden Daten der spontanen, nicht echtzeitkritischen Kommunikation werden dabei von der jeweils betroffenen Koppelheit zwischengespeichert und nach Ablauf des Bereichs für die Echtzeitkommunikation erst im zweiten Bereich des Übertragungszyklus, der für die spontane, nicht echtzeitkritische Kommunikation vorbehalten ist, gesendet. Dieser zweite Bereich, d. h. die gesamte Zeitdauer bis zum Ende des Übertragungszyklus, steht allen Teilnehmern für die nicht planbare, nicht echtzeitkritische Kommunikation, insbesondere Internetkommunikation zur Verfügung, ebenfalls ohne die Echtzeitkommunikation zu beeinflussen, da diese zeitlich getrennt durchgeführt wird.

[0011] Kollisionen mit den echtzeitkritischen Datentelegrammen in den Koppelheiten können dadurch vermieden werden, dass alle nicht echtzeitkritischen Daten, die während des, für die Übertragung der nicht echtzeitkritischen Daten vorgesehenen Bereichs eines Übertragungszyklus nicht übertragen werden können, von der jeweiligen Koppelheit zwischengespeichert und während des, für die Übertragung der nicht echtzeitkritischen Daten vorgesehenen Bereichs eines späteren Übertragungszyklus übertragen werden.

[0012] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitdauer des Bereichs zur Übertragung von nicht echtzeitkritischen Daten innerhalb eines Übertragungszyklus automatisch durch die Zeitdauer des Bereichs zur Übertragung von echtzeitkritischen Daten festgelegt wird. Vorteil dieser Anordnung ist, dass jeweils nur die notwendige Übertragungszeit für den echtzeitkritischen Datenverkehr verwendet wird und die restliche Zeit automatisch für die nicht echtzeitkritische Kommunikation, beispielsweise für die nicht planbare Internetkommunikation bzw. andere nicht echtzeitkritische Anwendungen zur Verfügung steht. Besonders vorteilhaft ist, dass die Zeitdauer des Bereichs zur Übertragung von echtzeitkritischen Daten innerhalb eines Übertragungszyklus jeweils durch die verbindungsspezifisch zu übertragenden Daten bestimmt wird, d. h., die Zeitdauer der beiden Bereiche wird für jede einzelne Datenverbindung durch die jeweils notwendige Datenmenge der zu übertragenden echtzeitkritischen Daten bestimmt, wodurch die Aufteilung der beiden Bereiche und damit die Zeit, die zur nicht echtzeitkritischen Kommunikation zur Verfügung steht, für jede einzelne Da-

tenverbindung zwischen zwei Koppelheiten für jeden Übertragungszyklus optimiert ist.

[0013] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitdauer eines Übertragungszyklus wenigstens einmal vor der jeweiligen Durchführung der Datenübertragung festgelegt wird. Dies hat den Vorteil, dass dadurch bei jedem Start einer neuen, im Voraus geplanten Datenübertragung die Zeitdauer eines Übertragungszyklus auf die jeweiligen Erfordernisse zur

10 Echtzeitkommunikation bzw. zur offenen, internetsfähigen Kommunikation abgestimmt werden kann. Selbstverständlich ist es auch möglich, dass die Zeitdauer eines Übertragungszyklus und/oder die Zeitdauer des Bereichs zur Übertragung von echtzeitkritischen Daten eines Übertragungszyklus je nach Erfordernis verändert werden kann, beispielsweise zu vorher geplanten, festen Zeitpunkten und/oder nach einer geplanten Anzahl von Übertragungszyklen, vorteilhalterweise vor Beginn eines Übertragungszyklus durch Umschalten auf andere geplante, echtzeitkritische Übertragungszyklen. Vorteilhalterweise liegt die Zeitdauer eines Übertragungszyklus je nach Anwendungszweck zwischen einer Mikrosekunde und zehn Sekunden.

[0014] Eine weitere überaus vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass Neuplanungen der Echtzeitkommunikation jederzeit im laufenden Betrieb eines Automatisierungssystems durchgeführt werden können, wodurch eine flexible Anpassung der Echtzeitsteuerung an sich kurzfristig ändernde Randbedingungen gewährleistet ist. Dadurch ist ebenfalls eine Änderung der

30 Zeitdauer eines Übertragungszyklus möglich.

[0015] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil des für die Übertragung der echtzeitkritischen Daten vorgesehenen Bereichs des Übertragungszyklus für die Übertragung von Daten zur Organisation der Datenübertragung vorgesehen ist. Von besonderem Vorteil hat sich dabei erwiesen, dass die Datentelegramme zur Organisation der Datenübertragung am Anfang des Bereichs zur Übertragung echtzeitkritischer Daten des Übertragungszyklus übertragen werden. Daten zur Organisation der Datenübertragung sind dabei beispielsweise Daten zur Zeitsynchronisation der Teilnehmer und Koppelheiten des Datennetzes, Daten zur Topologieerkennung des Netzwerks, etc.

[0016] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass für alle zu übertragenden, echtzeitkritischen Datentelegramme Sende- und Empfangszeitpunkt bei Sender und/oder Empfänger und in allen jeweils beteiligten Koppelheiten alle Zeitpunkte für die Weiterleitung der echtzeitkritischen Datentelegramme sowie die jeweils zugehörigen Verbindungsstrecken, über die die echtzeitkritischen Datentelegramme weitergeleitet werden, vor Beginn der jeweiligen Durchführung der Datenübertragung vermerkt sind, d. h. es ist in einer Koppelheit vermerkt, wann und an welchen Ausgangsport ein zum 55 Zeitpunkt X ankommendes echtzeitkritisches Datentelegramm weiter gesendet werden soll.

[0017] Eine weitere überaus vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Weiterleitungszeitpunkte so geplant sind, dass jedes echtzeitkritische Datentelegramm spätestens zum Weiterleitungszeitpunkt oder früher bei der entsprechenden Koppelheit ankommt, es aber auf jeden Fall erst zum Weiterleitungszeitpunkt weitergesendet wird. Damit ist das Problem von Zeitunterschriften, das sich insbesondere bei langen Übertragungsketten bemerkbar macht, eliminiert. Dadurch können die echtzeitkritischen Datentelegramme unmittelbar, ohne zeitlichen Zwischenraum gesendet bzw. weitergeleitet werden, d. h. eine schlechtere Nutzung der Bandbreite bei Echt-

zeitdatenpaketen wird vermieden. Selbstverständlich ist es aber auch möglich bei Bedarf Sendepausen zwischen der Übertragung der einzelnen Datenpaketes einzubauen.

[0018] Ein weiterer Vorteil der zeitbasierten Weiterleitung ist, dass die Zielfindung in der Koppeleinheit nicht mehr adressbasiert ist, weil von vornherein klar ist, an welchen Port weitergesendet werden soll. Damit ist die optimale Nutzung aller vorhandenen Verbindungsstrecken innerhalb des schaltbaren Datennetzes möglich. Redundante Verbindungsstrecken des schaltbaren Datennetzes, die für die adressbasierte Durchschaltung der nicht echtzeitkritischen Kommunikation nicht benutzt werden dürfen, weil es andernfalls zu Zirkularitäten von Datenpaketen kommen würde, können aber im Voraus für die Planung der Weiterleitungsstrecken berücksichtigt und somit für die Echtzeitkommunikation benutzt werden. Dadurch ist die Realisierung von redundanten Netzwerktopologien, z. B. Ringe für fehlertolerante Echtzeitssysteme, möglich. Datenpaket können redundant auf disjunkten Pfaden gesendet werden, Zirkularitäten von Datenpaketen treten nicht auf. Ein weiterer Vorteil der vorausgeplanten Weiterleitung ist, dass die Überwachung jeder Teilstrecke dadurch quittungsfrei möglich und eine Fehlerdiagnose damit einfach durchführbar ist.

[0019] Eine weitere, außerordentlich vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein beliebiger Teilnehmer, insbesondere ein Teilnehmer mit der Fähigkeit zur offenen, internethfähigen Kommunikation, mit oder ohne zugeordnete Koppeleinheit, zu einem schaltbaren Datennetz hinzugefügt werden kann und dabei sichergestellt ist, dass kritische Datentransfers zum gewünschten Zeitpunkt erfolgreich durchgeführt werden, auch wenn der beliebige Teilnehmer eine nicht echtzeitkritische Kommunikation, insbesondere Internetkommunikation parallel zu einer echtzeitkritischen Kommunikation durchführt.

[0020] Eine weitere, besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass eine Koppeleinheit in einen Teilnehmer integriert ist. Dadurch ergibt sich ein außerordentlicher Kostenvorteil gegenüber den, bisher immer als selbständige Bausteine realisierten Koppeleinheiten, auch Switches genannt.

[0021] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass eine Koppeleinheit zwei getrennte Zugänge zum jeweiligen Teilnehmer aufweist, wobei ein Zugang für den Austausch von echtzeitkritischen Daten und der andere Zugang für den Austausch von nicht echtzeitkritischen Daten vorgesehen ist. Dies hat den Vorteil, dass echtzeitkritische und nicht echtzeitkritische Daten getrennt verarbeitet werden. Der Zugang für die nicht echtzeitkritischen Daten entspricht der handelsüblichen Schnittstelle eines regulären Ethernet-Kontrollers wodurch die bisher existierende Software, insbesondere Treiber, ohne Einschränkung verwendbar ist. Dasselbe gilt für die bisher existierende Software für ein nicht echtzeitfähiges Datenetz.

[0022] Im folgenden wird die Erfindung anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher beschrieben und erläutert.

[0023] Es zeigen:

[0024] Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels für ein verteiltes Automatisierungssystem,

[0025] Fig. 2 den prinzipiellen Aufbau eines Übertragungszyklus,

[0026] Fig. 3 die prinzipielle Arbeitsweise in einem geschalteten Netzwerk und

[0027] Fig. 4 eine schematische Darstellung der Schnittstellen zwischen einem lokalen Teilnehmer und einer Kop-

peleinheit.

[0028] Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels für ein verteiltes Automatisierungssystem, wobei aus Gründen der übersichtlichen Darstellung 5 als Teil der Erfindung jeweils die Koppeleinheit bereits in den betreffenden Teilnehmer integriert ist. Der bisherige Stand der Technik sieht im Gegensatz dazu jeden der hier bereits in den betreffenden lokalen Teilnehmer integrierten Koppeleinheiten als eigenes Gerät, das jeweils zwischen 10 zwei Teilnehmer geschaltet ist. Die Integration der jeweiligen Koppeleinheit in einen Teilnehmer ist kostengünstiger und wartungsfreundlicher.

[0029] Das gezeigte Automatisierungssystem besteht aus mehreren Teilnehmern, die gleichzeitig sowohl als Sender 15 als auch als Empfänger ausgeprägt sein können, beispielsweise aus einem Steuerungsrechner 1, mehreren Antrieben, bei denen aus Gründen der übersichtlichen Darstellung nur der Antrieb 2 bezeichnet ist, sowie weiteren Rechnern 3, 4, 20 5, die mittels Verbindungskabel, insbesondere Ethernetkabel, bei denen aus Gründen der übersichtlichen Darstellung nur die Verbindungen 6a, 7a, 8a, 9a bezeichnet sind, zu einem schaltbaren Datennetz, insbesondere Ethernet, miteinander verbunden sind. Die für die Topologie eines Ethernet typischen Koppeleinheiten, bei denen aus Gründen der übersichtlichen Darstellung nur die Koppeleinheiten 6, 7, 8, 9, 25 10 bezeichnet sind, sind bei dieser Darstellung bereits in die jeweiligen Teilnehmer integriert. Die Koppeleinheiten dienen zum Senden und/oder zum Empfangen und/oder zur Weiterleitung der zu übertragenden Daten.

[0030] Der Steuerungsrechner 1 ist beispielsweise zusätzlich an ein firmeninternes Kommunikationsnetz beispielsweise Intranet 11 und/oder das weltweite Kommunikationsnetz Internet 11 angeschlossen. Vom Steuerungsrechner 1 werden echtzeitkritische Daten beispielsweise zur Steuerung von Antrieb 2 über die Verbindungen 6a, 7a, 8a, 9a gesendet. Diese echtzeitkritischen Daten müssen genau zum Zeitpunkt X von Antrieb 2 verarbeitet werden, da sonst unerwünschte Auswirkungen, wie z. B. verspäteter Anlauf des Antriebs 2, etc., eintreten, die die Automatisierungsanlage 30 in ihrer Funktionsweise stören. Die jeweilige Weiterleitung der echtzeitkritischen Daten erfolgt durch die Koppeleinheiten 6, 7, 8, 9 bis zur Koppeleinheit 10, die sie an den Empfänger Antrieb 2 übergibt, von dem die Daten zum Zeitpunkt X verarbeitet werden. Im bisherigen Stand der Technik kann 35 ein erfolgreicher echtzeitkritischer Datenverkehr der genannten Art gewährleistet werden, wenn darüber hinaus zur selben Zeit keine sonstige beliebige Kommunikation, beispielsweise Internetkommunikation durch Rechner 5, stattfindet. In diesem Fall, Internetkommunikation zur selben 40 Zeit durch Rechner 5, fordert Rechner 5 beispielsweise eine Internetseite an. Diese nicht echtzeitkritischen Daten werden über die Verbindungen 8a, 7a, 6a mittels der Koppeleinheiten 9, 8 und 7 an die Koppeleinheit 6 weitergeleitet, welche die Daten an den Rechner 1 übergibt, der schließlich die 45 entsprechende Anfrage an das Internet 11 absetzt und die Antwort über dieselben Verbindungen bzw. Koppeleinheiten in umgekehrter Reihenfolge an Rechner 5 zurücksendet. Die Antwort benutzt damit den gleichen Weg wie die echtzeitkritische Kommunikation. Es können damit Wartesituationen 50 in den beteiligten Koppeleinheiten auftreten und die echtzeitkritischen Daten können nicht mehr zeitgerecht beim Antrieb 2 ankommen. Ein fehlerfreier Echtzeitbetrieb kann deshalb mit dem bisherigen Stand der Technik nicht mehr garantiert werden. Die Anwendung der offenbarten 55 Erfindung ermöglicht dagegen parallel zur Echtzeitkommunikation eine beliebige, nicht echtzeitkritische Kommunikation im gleichen Datennetz, ohne Störung der Echtzeitkommunikation. Dies ist durch den Anschluss der Rechner 3 und

**4** angedeutet, bei denen keine Koppeleinheit integriert ist und die mittels direktem Etheremetanschluss in das dargestellte Automatisierungssystem integriert sind. Die Rechner **3** und **4** nehmen nicht an der Echtzeitkommunikation, sondern nur an der spontanen, internetsfähigen, nicht echtzeitkritischen Kommunikation teil, ohne die Echtzeitkommunikation zu stören.

[0031] Der Erfindung liegt die Idee zugrunde, dass echtzeitkritische und nicht echtzeitkritische Kommunikation in schaltbaren Datennetzen so voneinander getrennt wird, dass die nicht echtzeitkritische Kommunikation keinen störenden Einfluss auf die echtzeitkritische Kommunikation nimmt. Voraussetzung für diese Trennung ist einerseits, dass alle Teilnehmer und Koppeleinheiten des schaltbaren Datennetzes durch Zeitsynchronisation untereinander stets eine gemeinsame synchrone Zeitbasis aufweisen. Dies wird durch permanente Anwendung des Verfahrens zur Zeitsynchronisation gemäß der nicht vorveröffentlichten Anmeldung DE 100 04 425.5 auch im laufenden Betrieb eines verteilten Automatisierungssystems gewährleistet. Die zweite Voraussetzung für die Trennung ist die Planbarkeit der echtzeitkritischen Kommunikation, was dadurch gegeben ist, dass die Echtzeitkommunikation in den hier betrachteten Anwendungsbereichen insbesondere der Antriebstechnik zyklisch auftritt, d. h. eine Datenübertragung in einem oder mehreren Übertragungszyklen stattfindet.

[0032] In Fig. 2 ist die Ausprägung eines prinzipiellen Aufbaus eines Übertragungszyklus der in zwei Bereiche aufgeteilt ist, beispielhaft dargestellt. Ein Übertragungszyklus **12** ist in einen ersten Bereich **13**, der zur Übertragung echtzeitkritischer Daten vorgesehen ist, und einen zweiten Bereich **14**, der zur Übertragung nicht echtzeitkritischer Daten vorgesehen ist, aufgeteilt. Die Länge des dargestellten Übertragungszyklus **12** symbolisiert dessen zeitliche Dauer **17**, die vorteilhafterweise je nach Anwendungszweck zwischen einer Mikrosekunde und zehn Sekunden beträgt. Die Zeitdauer **17** eines Übertragungszyklus **12** ist veränderbar, wird aber vor dem Zeitpunkt der Datenübertragung, beispielsweise durch den Steuerungsrechner **1** wenigstens einmal festgelegt und ist für alle Teilnehmer und Koppeleinheiten des schaltbaren Datennetzes jeweils gleich lang. Die Zeitdauer **17** eines Übertragungszyklus **12** und/oder die Zeitdauer des ersten Bereichs **13**, der zur Übertragung von echtzeitkritischen Daten vorgesehen ist, kann jederzeit, beispielsweise zu vorher geplanten, festen Zeitpunkten und/oder nach einer geplanten Anzahl von Übertragungszyklen, vorteilhafterweise vor Beginn eines Übertragungszyklus **12** verändert werden, indem der Steuerungsrechner **1** beispielsweise auf andere geplante, echtzeitkritische Übertragungszyklen umschaltet. Darüber hinaus kann der Steuerungsrechner **1** jederzeit im laufenden Betrieb eines Automatisierungssystems je nach Erfordernis Neuplanungen der Echtzeitkommunikation durchführen, wodurch ebenfalls die Zeitdauer **17** eines Übertragungszyklus **12** verändert werden kann. Die absolute Zeitdauer **17** eines Übertragungszyklus **12** ist ein Maß für den zeitlichen Anteil, bzw. die Bandbreite der nicht echtzeitkritischen Kommunikation während eines Übertragungszyklus **12**, also die Zeit, die für die nicht echtzeitkritische Kommunikation zur Verfügung steht. So hat die nicht echtzeitkritische Kommunikation beispielsweise bei einer Zeitdauer **17** eines Übertragungszyklus **12** von 500 us eine Bandbreite von 30%, bei 10 ms eine Bandbreite von 97%. Im ersten Bereich **13**, der zur Übertragung echtzeitkritischer Daten vorgesehen ist, ist vor dem Senden der eigentlichen echtzeitkritischen Datentelegramme, von denen der Übersichtlichkeit wegen nur das Datentelegramm **16** bezeichnet ist, eine gewisse Zeitdauer zum Senden von Datentelegrammen zur Organisation der Datenübertragung

**15** reserviert. Die Datentelegramme zur Organisation der Datenübertragung **15** enthalten beispielsweise Daten zur Zeitsynchronisation der Teilnehmer und Koppeleinheiten des Datennetzes und/oder Daten zur Topologieerkennung **5** des Netzwerks. Nachdem diese Datentelegramme gesendet wurden, werden die echtzeitkritischen Datentelegramme, respektive Datentelegramm **16**, gesendet. Da die Echtzeitkommunikation durch den zyklischen Betrieb im Voraus planbar ist, sind für alle zu übertragenden, echtzeitkritischen **10** Datentelegramme eines Übertragungszyklus **12**, respektive Datentelegramm **16**, die Sendezzeitpunkte bzw. die Zeitpunkte für die Weiterleitung der echtzeitkritischen Datentelegramme vor Beginn der Datenübertragung bekannt, d. h. die Zeitdauer des Bereichs **14** zur Übertragung von nicht echtzeitkritischen Daten ist automatisch durch die Zeitdauer des Bereichs **13** zur Übertragung von echtzeitkritischen Daten festgelegt. Vorteil dieser Anordnung ist, dass jeweils nur die notwendige Übertragungszeit für den echtzeitkritischen Datenverkehr verwendet wird und nach dessen Beendigung **20** die restliche Zeit automatisch für die nicht echtzeitkritische Kommunikation, beispielsweise für die nicht planbare Internetkommunikation bzw. andere nicht echtzeitkritische Anwendungen zur Verfügung steht. Besonders vorteilhaft ist, dass die Zeitdauer des Bereichs **13** zur Übertragung von echtzeitkritischen Daten jeweils durch die verbindungsspezifisch zu übertragenden Daten bestimmt wird, d. h., die Zeitdauer der beiden Bereiche wird für jede einzelne Datenverbindung durch die jeweils notwendige Datenmenge der zu übertragenden echtzeitkritischen Daten bestimmt, wo **25** durch die zeitliche Aufteilung von Bereich **13** und Bereich **14** für jede einzelne Datenverbindung für jeden Übertragungszyklus **12** verschieden sein kann. Es wird jeweils nur die notwendige Übertragungszeit für den echtzeitkritischen Datenverkehr verwendet und die restliche Zeit eines Übertragungszyklus **12** steht automatisch für die nicht echtzeitkritische Kommunikation, beispielsweise für die nicht planbare Internetkommunikation bzw. andere nicht echtzeitkritische Anwendungen für alle Teilnehmer des schaltbaren Datennetzes zur Verfügung. Da die Echtzeitkommunikation im **30** Voraus entsprechend so geplant ist, dass das Ankommen der echtzeitkritischen Datentelegramme in den entsprechenden Koppeleinheiten so geplant ist, dass die betrachteten, echtzeitkritischen Datentelegramme, beispielsweise Datentelegramm **16**, spätestens zum Weiterleitungszeitpunkt oder früher bei den entsprechenden Koppeleinheiten ankommen, können die echtzeitkritischen Datentelegramme, respektive Datentelegramm **16**, ohne zeitlichen Zwischenraum gesendet bzw. weitergeleitet werden, so dass durch das dicht gepackte Senden, bzw. Weiterleiten, die zur Verfügung stehende Zeitdauer bestmöglich genutzt wird. Selbstverständlich ist es aber auch möglich bei Bedarf Sendepausen zwischen der Übertragung der einzelnen Datentelegramme einzubauen. **35**

[0033] Fig. 3 zeigt die prinzipielle Arbeitsweise in einem geschalteten Netzwerk. Dargestellt sind stellvertretend für ein Netzwerk ein Teilnehmer **18**, beispielsweise ein Antrieb, und ein Teilnehmer **19**, beispielsweise ein Steuerrechner, mit jeweils integrierten Koppeleinheiten **20**, **21** und einem weiteren Teilnehmer **36** ohne Koppeleinheit, die durch die **40** Datenverbindungen **32**, **33** miteinander verbunden sind. Dabei ist die Koppeleinheit **20** über den externen Port **30**, die Datenverbindung **32** und den externen Port **31** mit der Koppeleinheit **21** verbunden. Auf die Bezeichnung der anderen dargestellten externen Ports der Koppeleinheiten **20**, **21** **45** wurde aus Gründen der übersichtlichen Darstellung verzichtet. Auf die Darstellung weiterer Teilnehmer mit bzw. ohne integrierte Koppeleinheit wurde ebenfalls aus Gründen der übersichtlichen Darstellung verzichtet. Datenverbindungen

34, 35 zu weiteren Teilnehmern ausgehend von den dargestellten Koppeleinheiten 20, 21 sind nur angedeutet. Die Koppeleinheiten 20, 21 besitzen jeweils lokale Speicher 24, 25, die über die internen Schnittstellen 22, 23 mit den Teilnehmern 18, 19 verbunden sind. Über die Schnittstellen 22, 23 tauschen die Teilnehmer 18, 19 Daten mit den entsprechenden Koppeleinheiten 20, 21 aus. Die lokalen Speicher 24, 25 sind innerhalb der Koppeleinheiten 20, 21 über die Datenverbindungen 28, 29 mit den Steuerwerken 26, 27 verbunden. Die Steuerwerke 26, 27 empfangen Daten bzw. leiten Daten weiter über die internen Datenverbindungen 28, 29 von bzw. zu den lokalen Speichern 24, 25 oder über eine oder mehrere der externen Ports, beispielsweise Port 30 oder Port 31. Durch Anwendung des Verfahrens der Zeitsynchronisation haben die Koppeleinheiten 20, 21 stets eine gemeinsame synchrone Zeitbasis. Hat Teilnehmer 21 echtzeitkritische Daten, so werden diese zum vorausgeplanten Zeitpunkt während des Bereichs für die echtzeitkritische Kommunikation über die Schnittstelle 23, den lokalen Speicher 25 und die Verbindung 29 vom Steuerwerk 27 abgeholt und von dort über den vorgesehenen externen Port, beispielsweise Port 31, zur Koppeleinheit 20 gesendet. Sendet Teilnehmer 36 zur gleichen Zeit, also während der echtzeitkritischen Kommunikation, nicht echtzeitkritische Daten, beispielsweise für eine Internetabfrage, über die Datenverbindung 33, so werden diese vom Steuerwerk 27 über den externen Port 37 empfangen und über die interne Verbindung 29 an den lokalen Speicher 25 weitergeleitet und dort zwischengespeichert. Von dort werden sie erst im Bereich für die nicht echtzeitkritische Kommunikation wieder abgeholt und an den Empfänger weitergeleitet, d. h. sie werden in den zweiten Bereich des Übertragungszyklus, der für die spontane, nicht echtzeitkritische Kommunikation vorbehalten ist, verschoben, wodurch Störungen der Echtzeitkommunikation ausgeschlossen werden. Für den Fall, dass nicht alle zwischengespeicherten, nicht echtzeitkritischen Daten während des, für die Übertragung der nicht echtzeitkritischen Daten vorgesehenen Bereichs eines Übertragungszyklus übertragen werden können, werden sie im lokalen Speicher 25 der Koppeleinheit 21 solange zwischengespeichert, bis sie während eines, für die Übertragung der nicht echtzeitkritischen Daten vorgesehenen Bereichs eines späteren Übertragungszyklus übertragen werden können, wodurch Störungen der Echtzeitkommunikation in jedem Fall ausgeschlossen werden.

[0034] Die echtzeitkritischen Datentelegramme, die über Datenverbindung 32 über den externen Port 30 beim Steuerwerk 26 der Koppeleinheit 20 eintreffen, werden unmittelbar über die entsprechenden externen Ports weitergeleitet. Dies ist möglich, da die Echtzeitkommunikation im Voraus geplant ist und deshalb für alle zu übertragenden, echtzeitkritischen Datentelegramme Sende- und Empfangszeitpunkt, alle jeweils beteiligten Koppeleinheiten sowie alle Zeitpunkte für die Weiterleitung und alle Empfänger der echtzeitkritischen Datentelegramme bekannt sind, d. h. es ist beispielsweise beim Steuerwerk 26 der Koppeleinheit 20 vernichtet, dass die zum Zeitpunkt X ankommenen echtzeitkritischen Datentelegramme über den externen Port 38 an die nächste Koppeleinheit weitergesendet werden sollen. Durch die im Voraus erfolgte Planung der Echtzeitkommunikation ist auch sichergestellt, dass es beispielsweise auf der Datenverbindung 34 ausgehend von Port 38 zu keinen Datenkollisionen kommt. Dasselbe gilt natürlich für alle anderen Datenverbindungen, bzw. Ports während der Echtzeitkommunikation. Die Weiterleitungszeitpunkte aller echtzeitkritischen Datenpakete von den jeweils beteiligten Koppeleinheiten sind ebenfalls vorher geplant und damit eindeutig festgelegt. Das Ankommen der echtzeitkritischen Daten-

telegrammen beispielsweise im Steuerwerk 26 der Koppeleinheit 20 ist deshalb so geplant, dass die betrachteten, echtzeitkritischen Datentelegramme spätestens zum Weiterleitungszeitpunkt oder früher im Steuerwerk 26 der Koppeleinheit 20 ankommen. Damit ist das Problem von Zeitverschärfen, die sich insbesondere bei langen Übertragungsketten bemerkbar machen, eliminiert. Daten die beispielsweise für den Teilnehmer 18 bestimmt sind und im lokalen Speicher 24 der Koppeleinheit 20 zwischengespeichert wurden, werden von diesem zu gegebener Zeit abgeholt, echtzeitkritische Daten zu den vorher festgelegten Zeitpunkten und nicht echtzeitkritische Daten während des dafür vorgesehenen Bereichs.

[0035] Wie oben ausgeführt ist folglich ein gleichzeitiger Betrieb von echtzeitkritischer und nicht echtzeitkritischer Kommunikation im selben schaltbaren Datennetz, sowie ein beliebiger Anschluss von zusätzlichen Teilnehmern an das schaltbare Datennetz möglich, ohne die Echtzeitkommunikation selbst störend zu beeinflussen.

[0036] Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung der Schnittstellen zwischen einem lokalen Teilnehmer und einer Koppeleinheit. Die Koppeleinheit 40 ist gemäß der offensichtlichen Erfindung in den Teilnehmer 39, beispielsweise ein Steuerrechner, 1 eines Automatisierungssystems, integriert.

Der Teilnehmer 39 nimmt sowohl an der echtzeitkritischen als auch an der nicht echtzeitkritischen Kommunikation teil, deshalb sind echtzeitkritische Applikationen 48, beispielsweise zur Steuerung von Antrieben eines Automatisierungssystems, und nicht echtzeitkritische Applikationen 49, beispielsweise Browser zur spontanen Internetkommunikation oder Textverarbeitungsprogramme, auf dem Teilnehmer 39 installiert. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden nur logische und keine physikalischen Verbindungen, insbesondere Datenverbindungen dargestellt. Die Kommunikation

zwischen Teilnehmer 39 und integrierter Koppeleinheit 40 erfolgt über den lokalen Speicher 41, in dem die entsprechenden Daten, die vom Teilnehmer 39 gesendet werden, bzw. für den Teilnehmer 39 bestimmt sind, zwischengespeichert werden. Auf den lokalen Speicher 41 muss sowohl der Teilnehmer 39 als auch die Koppeleinheit 40 zugreifen können, der physikalische Ort des lokalen Speichers 41, der im gezeigten Ausführungsbeispiel beispielsweise Teil der Koppeleinheit 40 ist, ist dabei nicht von Bedeutung. Um die Trennung zwischen echtzeitkritischer und nicht echtzeitkritischer Kommunikation und damit eine störungsfreie Echtzeitkommunikation zu gewährleisten, sind zwei getrennte Zugänge zum Teilnehmer 39 erforderlich, wobei ein Zugang für den Austausch von echtzeitkritischen Daten und der andere Zugang für den Austausch von nicht echtzeitkritischen Daten vorgesehen ist. Die physikalische Kommunikation erfolgt infolgedessen über zwei getrennte logische Schnittstellen 42 und 43, zwischen dem aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellten Datennetz und der Koppeleinheit 40, und den logisch getrennten Kommunikationskanäle 46 und 47 zwischen dem Speicher 41, also der Koppeleinheit 40, und dem Teilnehmer 39. Die Schnittstelle 42 und der Kommunikationskanal 46 charakterisieren dabei die Kommunikationskanäle für die echtzeitkritische, die Schnittstelle 43 und der Kommunikationskanal 47 die Kommunikationskanäle für die nicht echtzeitkritische Kommunikation. Die zwei jeweils dargestellten, logisch voneinander getrennten Schnittstellen 42 bzw. 43 und die Kommunikationskanäle 46 bzw. 47 sind physikalisch gesehen jedoch jeweils der gleiche Kommunikationskanal, der zur Übermittlung der jeweiligen Daten in beiden Richtungen benutzt wird. Insbesondere erfolgt die getrennte Signalisierung welche Art von Daten vorliegen und abgeholt werden können über die beiden logisch voneinander getrennten Kommunikationskanäle

46 und 47, wobei über Kommunikationskanal 46 die Bereitstellung von echtzeitkritischen Daten für die echtzeitkritischen Applikationen 48 und über Kommunikationskanal 47 die Bereitstellung von nicht echtzeitkritischen Daten für die nicht echtzeitkritischen Applikationen 49 signalisiert wird. Damit können Treiber 44 und die echtzeitkritischen Applikationen 48 mit einer höheren Priorität bearbeitet werden als Treiber 45 und die nicht echtzeitkritischen Applikationen 49. Damit kann auch im Teilnehmer 39 die echtzeitfähige Verarbeitung der echtzeitkritischen Daten garantiert werden. Die Trennung der echtzeitkritischen und der nicht echtzeitkritischen Kommunikation, die für die Gewährleistung der Echtzeitkommunikation notwendig ist, hat zudem den Vorteil, dass für die nicht echtzeitkritische Kommunikation bestehende Programme, insbesondere existierende Treiber, ohne Einschränkung verwendet werden können, wodurch einerseits keine teuren Neuentwicklungen notwendig sind und andererseits die weitere Evolution der nicht echtzeitkritischen Standardkommunikation keinen Einfluss auf die Echtzeitkommunikation selbst hat und deshalb ohne Einschränkung in die offenbarste Erfindung einbezogen werden kann.

[0037] Zusammenfassend betrifft die Erfindung ein System und ein Verfahren, das sowohl eine echtzeitkritische als auch eine nicht echtzeitkritische Kommunikation in einem schaltbaren Datennetz, bestehend aus Teilnehmern und Koppeleinheiten, beispielsweise eines verteilten Automatisierungssystems durch einen zyklischen Betrieb ermöglicht. In einem sogenannten Übertragungszyklus (12) existiert für alle Teilnehmer und Koppeleinheiten des schaltbaren Datennetzes jeweils wenigstens ein Bereich (13) zur Übermittlung echtzeitkritischer und wenigstens ein Bereich (14) zur Übermittlung nicht echtzeitkritischer Daten, wodurch die echtzeitkritische von der nicht echtzeitkritischen Kommunikation getrennt wird. Da alle Teilnehmer und Koppeleinheiten immer auf eine gemeinsame Zeitbasis synchronisiert sind, finden die jeweiligen Bereiche zur Übermittlung von Daten für alle Teilnehmer und Koppeleinheiten jeweils zum selben Zeitpunkt statt, d. h. die echtzeitkritische Kommunikation findet zeitlich unabhängig von der nicht echtzeitkritischen Kommunikation statt und wird deshalb nicht von dieser beeinflusst. Die echtzeitkritische Kommunikation wird im Voraus geplant. Einspeisen der Datentelegramme beim originären Sender sowie deren Weiterleitung mittels der beteiligten Koppeleinheiten erfolgt zeitbasiert. Durch Zwischenspeicherung in den jeweiligen Koppeleinheiten wird erreicht, dass zu beliebiger Zeit auftretende, spontane, interne, nicht echtzeitkritische Kommunikation in den, für die nicht echtzeitkritische Kommunikation vorgesehenen Übertragungsbereich (14) eines Übertragungszyklus (12) verschoben und auch nur dort übertragen wird.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Übertragung von Daten über schaltbare Datennetze, insbesondere Ethernet im Bereich industrieller Anlagen, bei dem echtzeitkritische und nicht echtzeitkritische Daten übertragen werden, wobei das schaltbare Datennetz zwischen wenigstens zwei Teilnehmern, insbesondere einem Sender und einem Empfänger aufgebaut ist, wobei die Daten in wenigstens einem Übertragungszyklus (12) mit einstellbarer Zeitdauer (17) übertragen werden, jeder Übertragungszyklus (12) in wenigstens einen ersten Bereich (13) zur Übertragung von echtzeitkritischen Daten zur Echtzeitsteuerung und wenigstens einen zweiten Bereich (14) zur Übertragung von nicht echtzeitkritischen Daten unterteilt ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jedem Teilnehmer eine Koppeleinheit zugeordnet ist, die zum Senden und/oder zum Empfangen und/oder zur Weiterleitung der zu übertragenden Daten vorgesehen ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass alle Teilnehmer und Koppeleinheiten des schaltbaren Datennetzes durch Zeitsynchronisation untereinander stets eine gemeinsame synchrone Zeitbasis aufweisen.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass alle nicht echtzeitkritischen Daten, die während des, für die echtzeitkritische Kommunikation vorgesehenen Bereichs (13) eines Übertragungszyklus (12) übertragen werden sollen, von der jeweiligen Koppeleinheit zwischengespeichert und während des, für die nicht echtzeitkritische Kommunikation vorgesehenen Bereichs (14) dieses oder eines folgenden Übertragungszyklus übertragen werden.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass alle nicht echtzeitkritischen Daten, die während des, für die Übertragung der nicht echtzeitkritischen Daten vorgesehenen Bereichs (14) eines Übertragungszyklus (12) nicht übertragen werden können, von der jeweiligen Koppeleinheit zwischengespeichert und während des, für die Übertragung der nicht echtzeitkritischen Daten vorgesehenen Bereichs (14) eines späteren Übertragungszyklus übertragen werden.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitdauer des Bereichs (14) zur Übertragung von nicht echtzeitkritischen Daten innerhalb eines Übertragungszyklus (12) automatisch durch die Zeitdauer des Bereichs (13) zur Übertragung von echtzeitkritischen Daten festgelegt wird.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitdauer des Bereichs (13) zur Übertragung von echtzeitkritischen Daten innerhalb eines Übertragungszyklus (12) jeweils durch die verbindungsspezifisch zu übertragenden Daten bestimmt wird.

8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitdauer (17) eines Übertragungszyklus (12) wenigstens einmal vor der jeweiligen Durchführung der Datenübertragung festgelegt wird.

9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitdauer (17) eines Übertragungszyklus (12) und/oder die Zeitdauer des Bereichs (13) zur Übertragung von echtzeitkritischen Daten eines Übertragungszyklus (12) verändert werden kann.

10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitdauer (17) eines Übertragungszyklus (12) zwischen 1 Mikrosekunde und 10 Sekunden beträgt.

11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Neuplanungen der Echtzeitkommunikation jederzeit im laufenden Betrieb eines Automatisierungssystems durchgeführt werden können.

12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitdauer (17) eines Übertragungszyklus (12) durch Neuplanung der Echtzeitkommunikation verändert werden kann.

13. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil des für die

Übertragung der echtzeitkritischen Daten vorgesehenen Bereichs (13) des Übertragungszyklus (12) für die Übertragung von Daten zur Organisation der Datenübertragung (15) vorgesehen ist.

14. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Daten zur Organisation der Datenübertragung (15) am Anfang des Bereichs (13) zur Übertragung echtzeitkritischer Daten des Übertragungszyklus (12) übertragen werden. 5

15. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Daten zur Organisation der Datenübertragung (15) Daten zur Zeitsynchronisation der Teilnehmer und Koppelheiten des Datennetzes und/oder Daten zur Topologieerkennung des Netzwerks enthalten. 10

16. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für alle zu übertragenden, echtzeitkritischen Datentelegramme Senden- und Empfangszeitpunkt bei Sender und/oder Empfänger vor Beginn der jeweiligen Durchführung der Datenübertragung vermerkt sind. 15

17. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für alle zu übertragenden, echtzeitkritischen Datentelegramme in allen jeweils beteiligten Koppelheiten alle Zeitpunkte für die Weiterleitung der echtzeitkritischen Datentelegramme sowie die jeweils zugehörigen Verbindungsstrecken, über die die echtzeitkritischen Datentelegramme weitergeleitet werden, vor Beginn der jeweiligen Durchführung der Datenübertragung vermerkt sind. 20

18. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass jedes echtzeitkritische Datentelegramm spätestens zum Weiterleitungszeitpunkt oder früher bei der entsprechenden Koppelheit ankommt. 25

19. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die echtzeitkritischen Datentelegramme unmittelbar, ohne zeitlichen Zwischenraum gesendet bzw. weitergeleitet werden. 30

20. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Verbindungsstrecken eines schaltbaren Datennetzes, die für die nicht echtzeitkritische Kommunikation nicht benutzt werden dürfen, bei der echtzeitkritischen Kommunikation benutzt werden. 35

21. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Teilnehmer eines schaltbaren Datennetzes eine echtzeitkritische Kommunikation und/oder eine nicht echtzeitkritische Kommunikation, insbesondere Internetkommunikation, parallel im selben schaltbaren Datennetz durchführen kann, wobei die stattfindende nicht echtzeitkritische Kommunikation die parallel stattfindende echtzeitkritische Kommunikation nicht beeinflusst. 40

22. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein beliebiger Teilnehmer, insbesondere ein Teilnehmer mit der Fähigkeit zur offenen, internetfähigen Kommunikation, mit oder ohne zugeordnete Koppelheit, zu einem schaltbaren Datennetz hinzugefügt werden kann. 45

23. System zur Übertragung von Daten über schaltbare Datennetze, insbesondere Ethernet im Bereich industrieller Anlagen, mit mindestens einer mit einem schaltbaren Datennetz koppelbaren Datenverarbeitungsvorrichtung, das echtzeitkritische und nicht echtzeitkritische Daten überträgt, wobei das schaltbare Da- 50

tenetz zwischen wenigstens zwei Teilnehmern, insbesondere einem Sender und einem Empfänger aufgebaut ist, wobei das System zumindest ein Mittel zur Übertragung von Daten in wenigstens einem Übertragungszyklus (12) mit einstellbarer Zeitdauer (17) aufweist, jeder Übertragungszyklus (12) in wenigstens einen ersten Bereich (13) zur Übertragung von echtzeitkritischen Daten zur Echtzeitsteuerung und wenigstens einen zweiten Bereich (14) zur Übertragung von nicht echtzeitkritischen Daten unterteilt ist.

24. System nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass das System zumindest ein Mittel aufweist, das jedem Teilnehmer eine Koppelheit zuordnet, die zum Senden und/oder zum Empfangen und/oder zur Weiterleitung der zu übertragenden Daten vorgesehen ist. 5

25. System nach Anspruch 23 oder 24, dadurch gekennzeichnet, dass das System zumindest ein Mittel aufweist, das alle Teilnehmer und Koppelheiten des schaltbaren Datennetzes durch Zeitsynchronisation untereinander stets mit einer gemeinsamen synchronen Zeitbasis versorgt. 10

26. System nach einem der Ansprüche 23 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass das System zumindest ein Mittel aufweist, das dafür sorgt, dass alle nicht echtzeitkritischen Daten, die während des, für die echtzeitkritische Kommunikation vorgesehenen Bereichs (13) eines Übertragungszyklus (12) übertragen werden sollen, von der jeweiligen Koppelheit zwischengespeichert und während des, für die nicht echtzeitkritische Kommunikation vorgesehenen Bereichs (14) dieses oder eines folgenden Übertragungszyklus übertragen werden. 15

27. System nach einem der Ansprüche 23 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass das System zumindest ein Mittel aufweist, das dafür sorgt, dass alle nicht echtzeitkritischen Daten, die während des, für die Übertragung der nicht echtzeitkritischen Daten vorgesehenen Bereichs (14) eines Übertragungszyklus (12) nicht übertragen werden können, von der jeweiligen Koppelheit zwischengespeichert und während des, für die Übertragung der nicht echtzeitkritischen Daten vorgesehenen Bereichs (14) eines späteren Übertragungszyklus übertragen werden. 20

28. System nach einem der Ansprüche 23 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass das System zumindest ein Mittel aufweist, das die Zeitdauer des Bereichs (14) zur Übertragung von nicht echtzeitkritischen Daten innerhalb eines Übertragungszyklus (12) automatisch durch die Zeitdauer des Bereichs (13) zur Übertragung von echtzeitkritischen Daten festlegt. 25

29. System nach einem der Ansprüche 23 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass das System zumindest ein Mittel aufweist, das die Zeitdauer des Bereichs (13) zur Übertragung von echtzeitkritischen Daten innerhalb eines Übertragungszyklus (12) jeweils durch die Verbindungsspezifität zu übertragenden Daten bestimmt. 30

30. System nach einem der Ansprüche 23 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass das System zumindest ein Mittel aufweist, das die Zeitdauer (17) eines Übertragungszyklus (12) wenigstens einmal vor der jeweiligen Durchführung der Datenübertragung festlegt. 35

31. System nach einem der Ansprüche 23 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass das System zumindest ein Mittel aufweist, das die Zeitdauer (17) eines Übertragungszyklus (12) und/oder die Zeitdauer des Bereichs (13) zur Übertragung von echtzeitkritischen Daten eines Übertragungszyklus (12) verändert. 40

32. System nach einem der Ansprüche 23 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass das System zumindest ein Mittel aufweist, das Neuplanungen der Echtzeitkommunikation jederzeit im laufenden Betrieb eines Automatisierungssystems durchführt.

33. System nach einem der Ansprüche 23 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass das System zumindest ein Mittel aufweist, das die Zeitdauer (17) eines Übertragungszyklus (12) durch Neuplanung der Echtzeitkommunikation verändert.

34. System nach einem der Ansprüche 23 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass das System zumindest ein Mittel aufweist, das einen Teil des, für die Übertragung der echtzeitkritischen Daten vorgesehenen Bereichs (13) des Übertragungszyklus (12) für die Übertragung von Daten zur Organisation der Datenübertragung (15) vorsieht.

35. System nach einem der Ansprüche 23 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass das System zumindest ein Mittel aufweist, das die Daten zur Organisation der Datenübertragung (15) am Anfang des Bereichs (13) zur Übertragung der echtzeitkritischen Daten des Übertragungszyklus (12) überträgt.

36. System nach einem der Ansprüche 23 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass das System zumindest ein Mittel aufweist, das für alle zu übertragenden, echtzeitkritischen Datentelegramme Sende- und Empfangszeitpunkt bei Sender und/oder Empfänger vor Beginn der jeweiligen Durchführung der Datenübertragung vermerkt.

37. System nach einem der Ansprüche 23 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass das System zumindest ein Mittel aufweist, das für alle zu übertragenden, echtzeitkritischen Datentelegramme in allen jeweils beteiligten Koppelheiten alle Zeitpunkte für die Weiterleitung der echtzeitkritischen Datentelegramme sowie die jeweils zugehörigen Verbindungsstrecken, über die die echtzeitkritischen Datentelegramme weitergeleitet werden, vor Beginn der jeweiligen Durchführung der Datenübertragung vermerkt.

38. System nach einem der Ansprüche 23 bis 37, dadurch gekennzeichnet, dass das System zumindest ein Mittel aufweist, das dafür sorgt, dass jedes echtzeitkritische Datentelegramm spätestens zum Weiterleitungszeitpunkt oder früher bei der entsprechenden Koppelheit ankommt.

39. System nach einem der Ansprüche 23 bis 38, dadurch gekennzeichnet, dass das System zumindest ein Mittel aufweist, das die echtzeitkritischen Datentelegramme unmittelbar, ohne zeitlichen Zwischenraum sendet bzw. weiterleitet.

40. System nach einem der Ansprüche 23 bis 39, dadurch gekennzeichnet, dass das System zumindest ein Mittel aufweist, das dafür sorgt, dass Verbindungsstrecken eines schaltbaren Datennetzes, die für die nicht echtzeitkritische Kommunikation nicht benutzt werden dürfen, bei der echtzeitkritischen Kommunikation benutzt werden.

41. System nach einem der Ansprüche 23 bis 40, dadurch gekennzeichnet, dass eine Koppelheit in einen Teilnehmer integriert ist.

42. System nach einem der Ansprüche 23 bis 41, dadurch gekennzeichnet, dass eine Koppelheit zwei getrennte Zugänge zum jeweiligen Teilnehmer aufweist, wobei ein Zugang für den Austausch von echtzeitkritischen Daten und der andere Zugang für den Austausch von nicht echtzeitkritischen Daten vorgesehen ist.

5                   43. System nach einem der Ansprüche 23 bis 42, dadurch gekennzeichnet, dass das System zumindest ein Mittel aufweist, das dafür sorgt, dass wenigstens ein Teilnehmer eines schaltbaren Datennetzes eine echtzeitkritische Kommunikation und/oder eine nicht echtzeitkritische Kommunikation, insbesondere Internetkommunikation, parallel im selben schaltbaren Datennetz durchführen kann, wobei die stattfindende nicht echtzeitkritische Kommunikation die parallel stattfindende echtzeitkritische Kommunikation nicht beeinflusst.

10                  44. System nach einem der Ansprüche 23 bis 43, dadurch gekennzeichnet, dass das System zumindest ein Mittel aufweist, das dafür sorgt, dass wenigstens ein beliebiger Teilnehmer, insbesondere ein Teilnehmer mit der Fähigkeit zur offenen, internethfähigen Kommunikation, mit oder ohne zugeordnete Koppelheit, zu einem schaltbaren Datennetz hinzugefügt werden kann.

15                  45. Teilnehmer für ein System und/oder ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 44

20                  46. Teilnehmer nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, dass der Teilnehmer ein Teilnehmer eines Automatisierungssystems ist.

25                  47. Teilnehmer nach einem der Ansprüche 45 oder 46, dadurch gekennzeichnet, dass der Teilnehmer zumindest ein Mittel zur Übertragung echtzeitkritischer und nicht echtzeitkritischer Daten aufweist, wobei die Daten in wenigstens einem Übertragungszyklus (12) mit einstellbarer Zeitdauer (17) übertragen werden, jeder Übertragungszyklus (12) in wenigstens einen ersten Bereich (13) zur Übertragung von echtzeitkritischen Daten zur Echtzeitsteuerung und wenigstens einen zweiten Bereich (14) zur Übertragung von nicht echtzeitkritischen Daten unterteilt ist.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

**- Leerseite -**

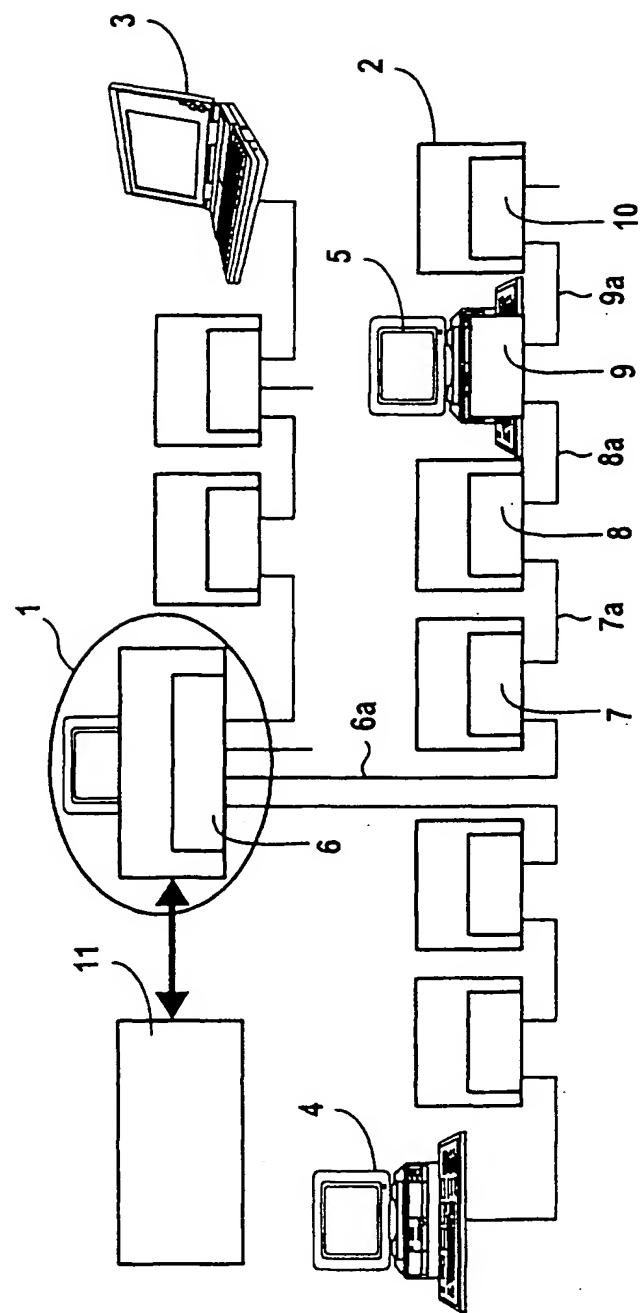


FIG 1

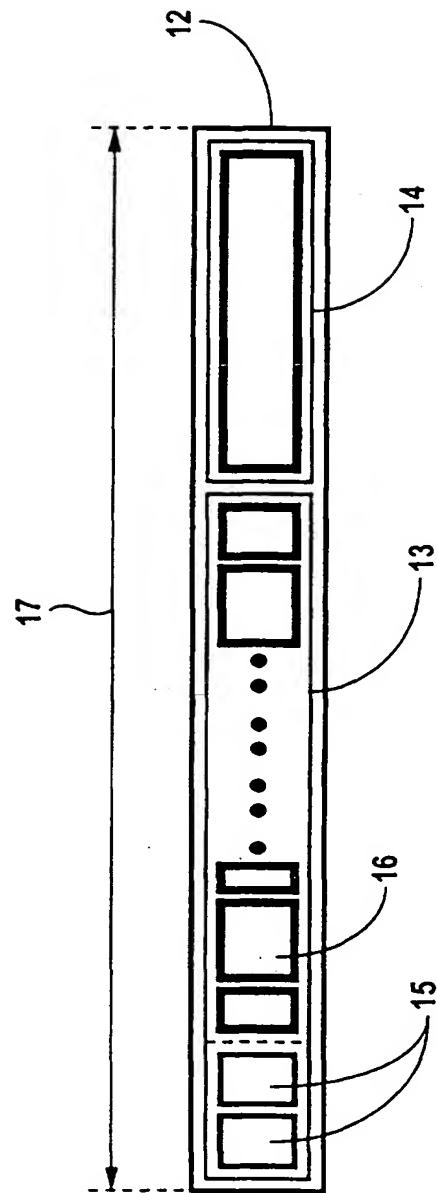


FIG 2

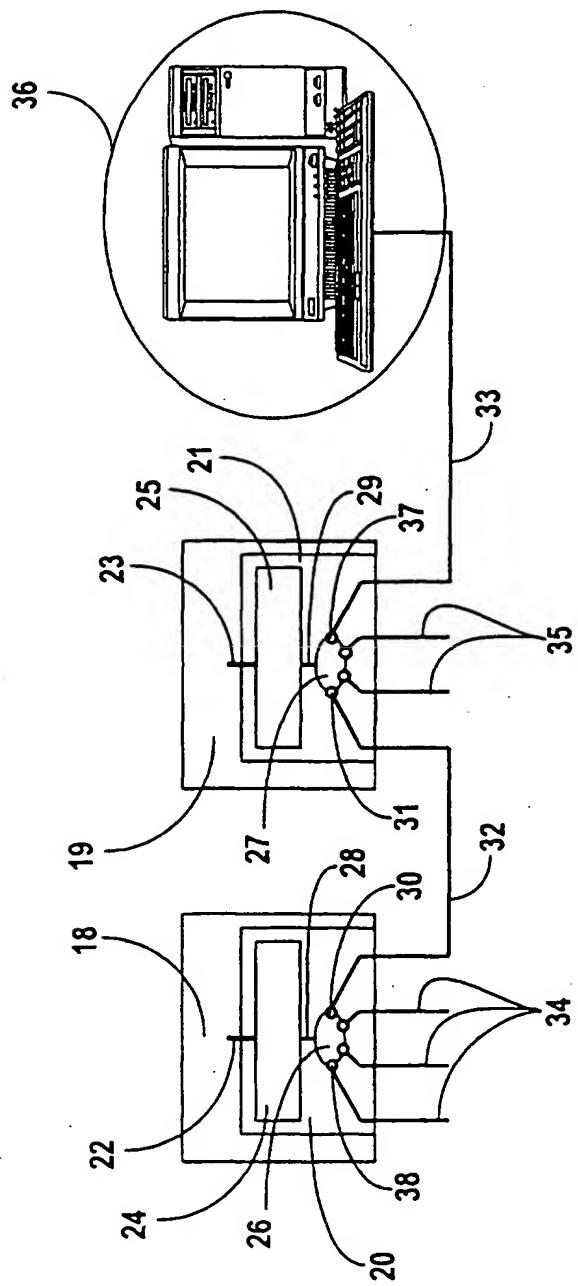


FIG 3

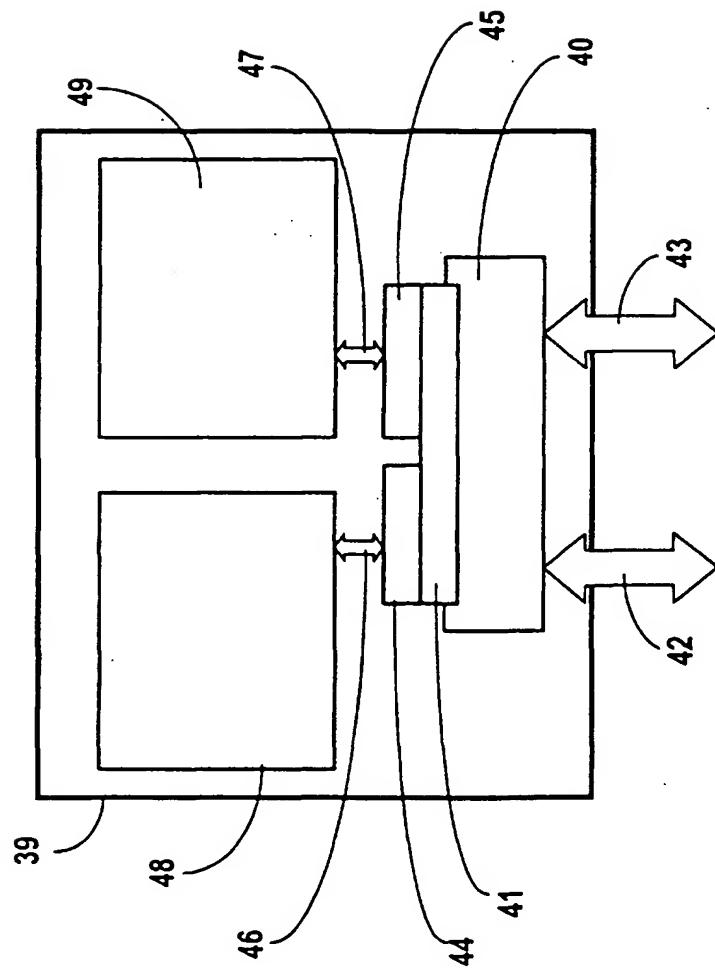


FIG 4